



# Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'

Een eerste evaluatie van de  
bagger-en stortstrategie.  
**RAPPORT 4.**

Rapport RIKZ-99.019

**MOVE**

**RIKZ**





## Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'

**Een eerste evaluatie van de bagger-en stortstrategie.  
RAPPORT 4.**

Aline Arends  
Pauline Kamermans  
Ed Stikvoort  
Ben de Winder

Rapport RIKZ - 99.019

juli 1999

**Project MONitoring VErruiming Westerschelde (MOVE)**

# Colofon

---

## Redactie

Aline Arends  
Pauline Kamermans  
Ed Stikvoort  
Ben de Winder

## RIKZ projectteam

Ben de Winder (projectleider)  
Jacques Vroon  
Aline Arends  
Gerard Mol  
Ed Stikvoort  
John van der Woude

## Inhoudelijke bijdragen van

Ad Langerak  
Marijn van Helvert  
Gerard Mol  
Tammo Bult

## Vormgeving

Jan van den Broeke

# Inhoud

---

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2. Veranderingen in bodemmorfologie en de relatie met de verruiming</b>	<b>15</b>
2.1. Opgetreden veranderingen van arealen en inhouden	15
2.2. Toekomstige veranderingen in bodemmorfologie op basis van modelresultaten	20
<b>3. Mogelijke consequenties van de veranderingen in de morfologie en de waterbeweging voor de ecologie van de Westerschelde</b>	<b>25</b>
<b>4. Prognose ontwikkeling van de Westerschelde</b>	<b>31</b>
4.1. Ontwikkelingsrichtingen van het estuarium	31
4.2. Evaluatie denkmodel	32
4.3. Risico's en effecten van het nieuwe stortbeleid	33
<b>5. Advies bagger- en stortbeleid</b>	<b>39</b>
<b>Referenties</b>	<b>43</b>
<b>Verklarende woordenlijst</b>	<b>45</b>
<b>Overzichtskaart Westerschelde</b>	<b>48</b>



## Samenvatting

---

Het doel van deze evaluatie is een studie te doen naar de veranderingen in morfologie en ecologie van de Westerschelde in de periode 1997 - 1998 gerekend vanaf het begin van de verruimingswerkzaamheden. Met de resultaten van deze studie is de huidige bagger- en stortstrategie geëvalueerd en wordt een advies gegeven voor eventuele bijstelling van bagger- en stortbeleid. Er is bij de evaluatie gebruik gemaakt van veldmetingen en inzet van modellen. Voor de vertaling van morfologische veranderingen naar de effecten op de biologie is getoetst in hoeverre we in staat zijn om de dichtheid en het voorkomen van bodemdieren te voorspellen met behulp van habitatklasse en habitatgeschiktheid.

Het eerste dat opvalt is, dat de waarnemingsperiode te kort is om op basis van de meetuitkomsten harde uitspraken te doen. De opgetreden veranderingen tonen geen significante verandering t.o.v. de veranderingen voor de verruiming.

Met computermodellen is het mogelijk om lange termijn ontwikkelingen te simuleren en kan worden aangegeven hoe het estuarium mogelijk op lange termijn gaat ontwikkelen. Deze simulaties geven aan dat in de toekomst rekening gehouden moet worden met een export van sediment. Of dit een gevaar is voor de ontwikkeling van een morfologisch divers estuarium kan nu nog niet worden aangegeven. Dat hangt mede af van de oorzaak van de export (tijdelijk te veel, maar sediment blijft wel beschikbaar in monding of verandering in getijasymmetrie waardoor de export blijvend is). Een gevolg van de huidige stortstrategie is dat het oostelijk deel ruimer wordt, waardoor de natuurlijke dynamiek meer terug komt. Als echter op termijn geen zandaanvoer naar de platen plaatsvindt kunnen de platen te veel eroderen. Echter door de verruiming zullen de geulen stroomop- en stroomafwaarts van de drempel gaan uitruimen, het sediment dat hierbij beschikbaar komt, kan ten goede komen aan de platen. Ook is het mogelijk dat alsnog de retourstroom van sediment van west naar oost op gang gaat komen.

De studie naar de mogelijkheden en beperkingen van een aantal omgevingsclassificaties en habitatgeschiktheidsmodellen voor het inschatten van effecten van inrichtingsmaatregelen laat zien, dat waar er verbanden aangetoond zijn, deze zinvol kunnen worden ingezet bij ingreep-effectstudies. Voor verbanden waar deze relatie niet significant is, kan dit vooralsnog niet worden geconcludeerd, vanwege de ruis die werd waargenomen. Een vergelijking van de resultaten suggereert dat kleinschalige informatie in de vorm van habitatgeschiktheidsmodellen tot op zekere hoogte is te vertalen naar grotere tijd-ruimteschalen.

Voor de toekomstige studies is het essentieel om het mondingsgebied van de Westerschelde er bij te betrekken, zodat de risico's van export beter ingeschat kunnen worden. Om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over de gevolgen van de ingreep op de biologie is het

verstandig om de interactie tussen morfologie en biologie te kwantificeren.

Er zijn op dit moment geen ontwikkelingen zichtbaar die voor een andere stortstrategie pleiten. Het is van belang dat de ontwikkelingen goed gemonitord worden zodat tijdig kan worden ingegrepen als een ongewenste ontwikkeling zich lijkt voor te doen. Door kleine wijzigingen in het stortbeleid kan veel bijgestuurd worden.



# 1. Inleiding

---

## Doel en afbakening rapport

Tengevolge van het 'Verdrag inzake de verruiming van de vaarweg in de Westerschelde' is er tussen juli 1997 en juli 1998 gebaggerd in de Westerschelde. Momenteel worden nog de geulen in de monding zowel verbreed als verdiept. Aanpassing van de breedte van de geulen in de Westerschelde gebeurt voorlopig niet. Deze verruiming maakt de haven van Antwerpen beter bereikbaar voor grotere en dieper stekende schepen. Voorafgaande studies (Vroon et al., 1997) naar de werking van de Westerschelde als morfologisch systeem toonden aan dat bij de tot dan toe gebruikte stortstrategie het oostelijke deel van het estuarium verstarde. Dit wil zeggen dat het continue dynamische proces van veranderingen in patronen van geulen, ondiepwatergebieden, platen, slikken en schorren minder ruimte heeft gekregen. In het oostelijke deel van de Westerschelde uitte zich dat in het aanéengroeien en ophogen van platen. Als gevolg van dat inzicht wordt tijdens de huidige verruiming een nieuwe stort- en zandwinningsstrategie toegepast. In het oosten gebaggerd zand wordt niet meer voornamelijk in het oostelijke deel, maar meer in het westelijke en midden deel van de Westerschelde gestort. De bagger- en stortlocaties liggen dus verder uit elkaar. Bovendien is de zandwinning van het westen naar het oosten verplaatst. Verwachting van de nieuwe strategie is dat het verstarrende effect van baggeren en storten in het oosten vermindert en er minder onderhoudsbaggerwerk nodig is.

Om de effecten op de bodemmorfologie, waterbeweging en ecologie van deze verruiming te volgen is een monitoringsproject opgezet: project MOonitoring VErruiming Westerschelde (MOVE). In dit monitoringproject worden regelmatig vele fysische, biologische en chemische kenmerken in het gebied vastgelegd. De effecten worden in kaart gebracht door de verzamelde gegevens te vergelijken met die van de periode voor de verruiming. Jaarlijks zullen de ontwikkelingen in zogenoemde voortgangsrapportages gepresenteerd worden. Inmiddels is de eerste voortgangsrapportage verschenen (Krijger, 1999). Daarnaast zijn evaluatierapportages gepland. In deze rapporten zullen de waargenomen ontwikkelingen nader worden bestudeerd en verklaard. Ook de gehanteerde bagger- en stortstrategie zal hierin worden geëvalueerd.

Per 1 januari 2001 dient door Nederland een nieuwe baggervergunning te worden verleend aan Vlaanderen. Mede op basis van de in dit evaluatierapport gepresenteerde inzichten kan worden bepaald of het nodig is om de huidige bagger- en stortstrategie bij te stellen. Dit rapport evalueert daarom:

- de waargenomen veranderingen in morfologie, waterbeweging en ecologie van de Westerschelde;
- de gehanteerde bagger- en stortstrategie, en geeft een advies voor bijstelling;
- de gehanteerde methodiek en het modelinstrumentarium, en geeft aanbevelingen voor aanpassingen.

Het project MOVE richt zich op het volgen van ontwikkelingen op het niveau van de gehele Westerschelde en op het niveau van een indeling

in een westelijk deel, een midden deel en een oostelijk deel. Individuele bagger- en stortlocaties krijgen op dit moment minder aandacht bij de evaluatie. Met nadruk wordt gesteld dat de monitoringsperiode sinds het begin van de verruiming bijzonder kort is geweest. Door het vroege tijdstip van evaluatie (nog geen jaar na beëindiging van de verruimingswerkzaamheden in juli 1998) is slechts een beperkte hoeveelheid gegevens verwerkt en beschikbaar. Voor zover er al conclusies getrokken kunnen worden, dienen deze met voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. De nadruk zal komen te liggen op het evalueren van een korte periode van veldstudies, simulaties met behulp van modellen en het onderzoek naar de mogelijkheden tot koppeling tussen a-biotiek en biotiek.



## De ingreep

De vaargeulen in de Westerschelde tonen enorme verschillen in diepte variërend van ruim 60 m tot minimaal 12 m. De diepte van de ondiepste delen in de vaargeul en de breedte van de vaargeul zijn bepalend voor de grootte van de schepen die gebruik kunnen maken van de vaarweg. Voor de scheepvaart is het dus van belang dat een bepaalde minimale diepte gegarandeerd kan worden. Hiertoe vinden in de geulen jaarlijks baggeronderhoudswerkzaamheden plaats. In de periode 1970-1975 is een verruiming van de scheepvaartgeul naar Antwerpen uitgevoerd. Op 27 juni 1997 is een nieuwe verruiming gestart, de verruiming 48'/43'. De verruiming van de Westerschelde omvat vier onderdelen: het verwijderen van wrakken, extra baggerwerkzaamheden met een veranderde stort- en zandwinningsstrategie, het aanleggen van geulwandverdedigingen en de natuurherstel-activiteiten als compensatie voor het verlies van natuurwaarden door de verruiming.

Op acht drempels is de bodem in de vaargeul 1 tot 1,5 m verlaagd. In de huidige baggervergunning zijn 13 locaties voor het storten van baggerspecie opgenomen. De verschillende bagger- en stortlocaties zijn weergegeven in figuur 1.1

De keuze van de stortlocaties is gebaseerd op een vijftal overwegingen:

1. het westwaarts verplaatsen van het zwaartepunt van de stortingen om het aanéengroeien van plaatcomplexen in het oostelijke deel van de Westerschelde te verminderen;
2. minimalisering van de retourstroom naar de baggergebieden;
3. minimalisering van verstoring van het natuurlijke proces van aanzanding en uitschuring;
4. de bereikbaarheid en het zo klein mogelijk houden van de vaarafstanden voor het baggermateriaal;

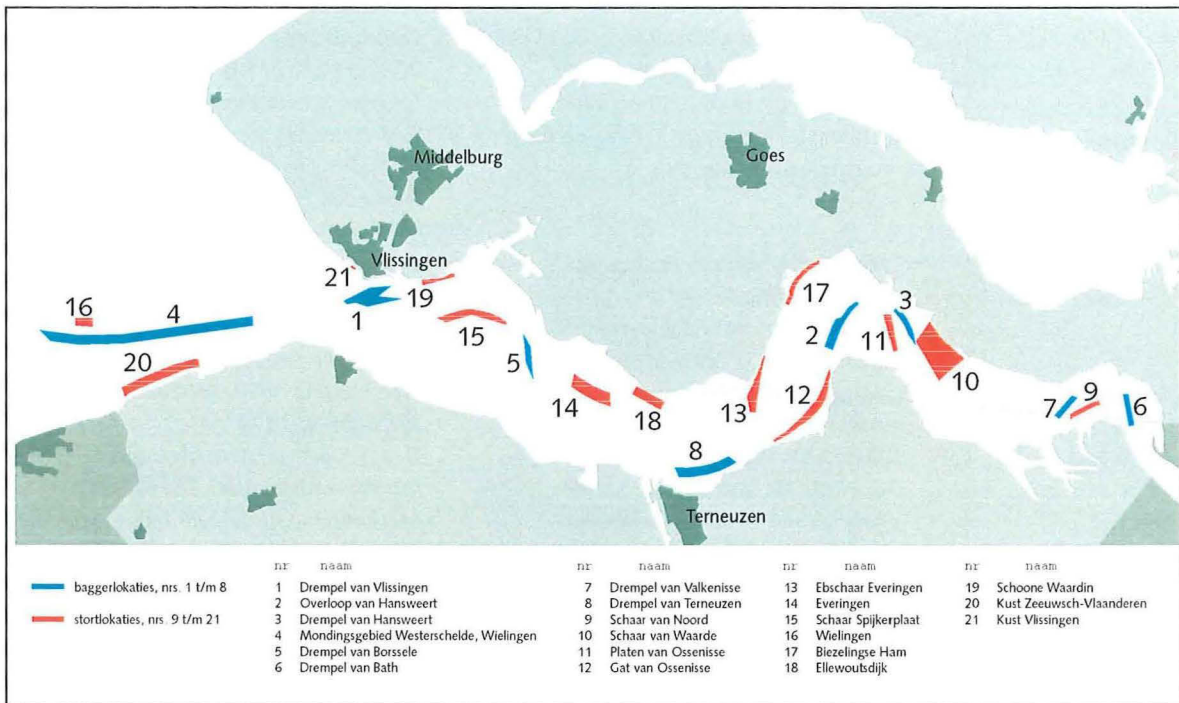
## Onderliggende documenten

Dit rapport is een synthese van de informatie die over bodemmorfologie, chemie en biologie in een aantal rapportages vastgelegd is. Die rapportages gaan veelal dieper in op deelaspecten die in dit rapport aan de orde komen. Dit rapport is gebaseerd op de volgende onderliggende documenten.

- Monitoring van de effecten van de verruiming 48' - 43'.  
Voortgangsrapportage periode 97-98, rapport 3. Project Monitoring Verruiming Westerschelde (MOVE). (Krijger, 1999).  
Nota AXW-99.005.  
*Beschrijft de ontwikkeling van de fysische, chemische en biologische grootheden tot en met 1998 in relatie tot de tweede verruiming van de Westerschelde. In het rapport staan de hypothesen centraal die opgesteld zijn om de verwachte effecten van de verruiming te toetsen.*
- Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'.  
Werkdocument met betrekking tot chemie en biologie, periode 1997 en 1998. Project Monitoring Verruiming Westerschelde behorend bij Voortgangsrapportage periode 1997-1998. Rapport 3 (van Berchum en Stikvoort 1999).  
Werkdocument RIKZ/AB-99.811x  
*Geeft een ruimere beschrijving van de ontwikkeling van de biologische en chemische grootheden tot en met 1998 dan het voorgaande rapport. Scherpt de uitgangssituatie vóór de verruiming aan en doet aanbevelingen ten aanzien van het plan van aanpak (MOVE Rapport 2)*
- De fysische toestand van de Westerschelde 1998; kort na de verdieping 48'43' (Mol, 1999).  
Werkdocument RIKZ/AB-99.826x.  
*Geeft de ontwikkelingen van het getij, de debieten, de arealen en de inhouden van de Westerschelde over de periode 1955-1998.*
- Onderzoek naar de effecten van baggeren, storten en zandwinning in de Westerschelde m.b.v. het ESTMORF-model i.h.k.v. MOVE. (van Helvert, 1999). Werkdocument RIKZ/OS-99.817x.  
*Doet verslag van de analyse met behulp van het model ESTMORF. Met enkele scenario's als input wordt een prognose gegeven van de effecten van het bagger- en stortbeleid in de Westerschelde.*
- Tussentijdse evaluatie 48'/43'-verruiming en stortbeleid Westerschelde (Svasek, 1999).  
*Bevat een tussentijdse evaluatie van de gevolgen van de verruiming van de vaarweg van de Westerschelde.*
- Mogelijkheden en beperkingen van omgevingsclassificaties en habitatgeschiktheidmodellen voor het inschatten van effecten op bodemdieren (Bult, Stikvoort en Willemse, 1999). Werkdocument RIKZ/AB-99.833x.  
*Bevat een verslag van de statistische analyses waarmee de mogelijkheden en beperkingen zijn onderzocht van de methodiek waarmee op grond van abiotische kenmerken voorspellingen worden gedaan naar het voorkomen van bodemdieren.*

5. een minimale verstoring van de ecologie, scheepvaart, visserij en zandwinning

**Figuur 1.1**  
Bagger- en stortlocaties in de Westerschelde



Het grootste deel van de verruimingswerkzaamheden in de Westerschelde is uitgevoerd tussen 1 juli 1997 en 31 juli 1998. In die periode is in totaal 17,6 miljoen m<sup>3</sup> zand gebaggerd. Dit is zowel onderhoudsbaggerwerk (10,1 miljoen m<sup>3</sup>) als verruimings-baggerwerk (7,5 miljoen m<sup>3</sup>). De in verband met de verruiming gebaggerde hoeveelheid is minder dan de geraamde hoeveelheid van 11,3 miljoen m<sup>3</sup>. Dit wordt mede veroorzaakt door het feit dat niet alle vaarbreedten zijn aangepast.

### Verwachtingen

De verwachte veranderingen als gevolg van de verruiming zijn gebaseerd op een denkmodel, welke is ontleend aan de resultaten van de studie Oostwest.

Aangenomen is dat de morfologische ontwikkelingen na de huidige verruiming op een soortgelijke wijze zullen verlopen als na de vorige verruiming van 1970-1975. Dan zal het proces als volgt verlopen: Als gevolg van de baggerinspanning worden de drempels verlaagd waardoor de getijgolf minder weerstand ondervindt en er meer water door de geul kan stromen. Als reactie hierop verdiepen en verbreden de geuldelen aan weerszijden van de drempel. Het sediment dat hierbij vrijkomt, en het sediment dat wordt gebaggerd om de drempels op diepte te houden, wordt voornamelijk opgeslagen in de nevengeulen, kortsluitgeulen en plaatcomplexen. De platen nemen hierdoor zowel in oppervlak als in gemiddelde hoogte toe. Dit draagt bij aan een sterke achteruitgang van het areaal van ondiep water en leidt tot een kleinere

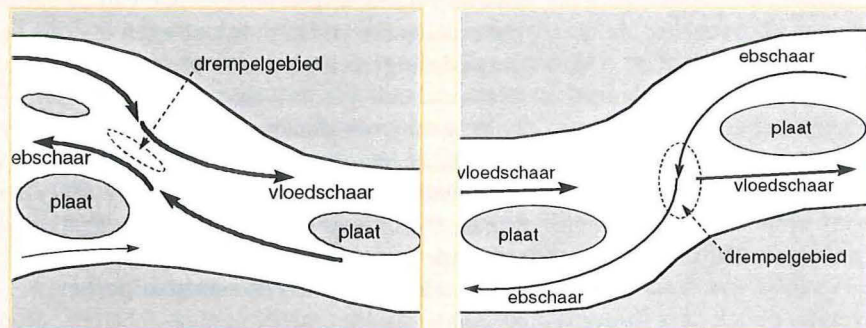
## Drempels in de Westerschelde

De Westerschelde heeft een voor estuaria kenmerkende trechtersvorm, welke bestaat uit een meanderende hoofdgeul en daarop aantakende nevengeulen. De hoofdgeul is ebgedomineerd en bestaat uit aanééngeschakelde ebgeulen. De nevengeulen nemen in stroomopwaartse richting in omvang af en zijn vloedgedomineerd. Steeds tussen twee bochten in de hoofdgeul bevinden zich ondiepere geuldelen: de drempels van het estuarium. Op deze plaatsen ontmoeten de vloedscharen de hoofdgeul. Door de grotere dwarsdoorsnede van de geul dalen de stroomsnelheden, waardoor het opgewerkte zand uitzakt en de drempels zich vormen.

In de Westerschelde zijn er verschillende typen drempels (Verbeek e.a., 1998), die deels een natuurlijke en deels een door ingrepen beïnvloede vorm hebben. Grofweg kan gesteld worden dat de drempels in het oostelijke deel van de Westerschelde van het 'ontwijkende

ebgeul-type' zijn (zie rechter schema). Dat houdt in dat zowel de eb als de vloed door dezelfde geul stromen, maar elkaar ter hoogte van de drempel ruimtelijk ontwijken. Dat leidt tot een verbreding van de geul. De westelijke drempels zijn van het 'parallele geul-type'. Dat betekent dat de eb en vloed gebruik maken van twee naast elkaar gelegen geulen (waardoor er een ondiepte ontstaat tussen deze geulen).

De diepte op een drempel is het resultaat (een morfodynamisch evenwicht) van opbouwende (zand zakt uit) en afbrekende (uitschuring door stroming) processen. Door het baggerwerk worden de drempels kunstmatig op een grotere dan de natuurlijke diepte gehouden. Deze verstoring van het morfodynamische evenwicht leidt ertoe dat de drempel weer aanzandt. Een drempel die op de gewenste diepte is gebracht zal dus door regelmatig baggeren op diepte moeten worden gehouden (onderhoudsbaggerwerk).



**Figuur 2:** Schematische weergave van een westelijke drempel (links) van het 'parallele geul-type', en een oostelijke (rechts) van het 'ontwijkende ebgeul-type'.

H. Verbeek, F.T.G. Tank & M.D. Groenewoud,  
*Drempels in de Westerschelde, natuur en mens samen aan het werk, Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapport RIKZ - 98.011, april 1998.*



## 2. Veranderingen in bodemmorfologie en de relatie met de verruiming

---

### Inleiding

Door de verruiming van de Westerschelde zullen naar verwachting veranderingen in het fysische en ecologische systeem optreden. Om deze veranderingen te volgen is een monitoringsprogramma opgezet. In het voortgangsrapport van Directie Zeeland (Krijger, 1999) zijn de veranderingen op het gebied van waterbeweging, morfologie en ecologie gerapporteerd. Omdat de waarnemingsperiode sinds de verruiming erg kort is, kunnen alleen veranderingen op een kleine ruimteschaal onderzocht worden. Veranderingen die zijn opgetreden op grote schaal, op het niveau van de hele Westerschelde, platen of geulen zijn nog niet significant. Veranderingen die zijn opgetreden in de waterstand en debiet-verdeling worden daarom in dit rapport nog niet geëvalueerd. Ook opgetreden veranderingen van areaal en inhoud van geulen en platen zijn nog niet significant. Toch zal er wel enige aandacht aan de areaal- en inhoudsveranderingen van geulen en platen worden besteed, omdat de verruiming een direct effect heeft op de geometrie van het estuarium. De waterbeweging is daar een afgeleide van. Tevens vormen arealen de basis voor de ecologie. Veranderingen die daarin optreden kunnen gevolgen hebben voor de ecologie. Morfologische veranderingen op kleine schaal, in de directe omgeving van bagger- en stortlocaties, kunnen wel geëvalueerd worden.

### 2.1. Opgetreden veranderingen van arealen en inhouden

Op basis van de lodingsgegevens zijn de arealen van geulen, platen, ondiepwatergebieden, schorren en slikken berekend. Daarnaast zijn uit dezelfde dataset ook veranderingen in geul- en plaatvolumes berekend. In de voortgangsrapportage zijn de veranderingen van arealen en inhouden voor de periode 1997-1998 gerapporteerd. Deze cijfers moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden, omdat een spreiding aanwezig is rond de waargenomen trends van de jaargemiddelde arealen en volumes. Om een overzicht te krijgen van deze fluctuaties zijn vanaf 1955 in figuur 2.1 de veranderingen van de arealen van platen, slikken en ondiepwatergebieden en in figuur 2.2 de verandering van de geulinhoud gepresenteerd.

De arealen van schorren en slikken (figuur 2.1 boven) namen zowel in het oostelijke, midden als westelijke deel van de Westerschelde tijdens de verruiming af. Dit is in overeenstemming met de verwachting. Het plaatareaal (figuur 2.1 midden) is afgenomen in het westen en is in het oosten en midden nagenoeg gelijk gebleven. De verwachting is echter dat de plaatarealen in ieder deel zullen toenemen als gevolg van de verruiming. De arealen ondiepwater (figuur 2.3 onder) zijn in tegenstelling tot de prognose zowel in het westen als in het oosten toegenomen. In het midden neemt het areaal ondiepwater licht af. Dit zijn korte-termijn-waarnemingen en de vraag is dan ook of deze afname van plaatareaal en toename van ondiepwaterareaal blijvend zijn, of dat het tussenstadia van ontwikkelingen van geul naar plaat of

## 2.2. Toekomstige veranderingen in bodemmorfolgie op basis van modelresultaten.

Om de effecten van de verruiming op lange termijn te kunnen evalueren is gebruik gemaakt van een computermodel dat de morfologische veranderingen op lange termijn simuleert. In het Intermezzo over ESTMORF wordt de werking van het model nader uitgelegd.

Met behulp van het model zijn drie scenario's doorgerekend om de effecten van het nieuwe stortbeleid en de effecten van de verruiming in te schatten:

1. In het scenario OOST wordt de oude bagger-, stort- en zandwinstrategie voortgezet. Dat betekent onderhoudsbaggerwerk en storten in het oosten, en zandwinnen in het westen. Het doel van dit scenario is om een indruk te krijgen van de zandtransporten bij ongewijzigd (oud) stortbeleid. Dit scenario dient als referentie.
2. In het scenario WEST wordt dezelfde hoeveelheid gebaggerd als in scenario OOST. Ook wordt dezelfde zandwinstrategie toegepast als in scenario OOST. Maar er wordt gestort volgens de strategie van de huidige verruiming. Dat wil zeggen storten in het westen. Dit scenario geeft inzicht in de effecten van het veranderen van de stortlocaties.
3. In het scenario VERDIEP wordt dezelfde strategie gevolgd als in het scenario WEST, maar nu zijn de gebaggerde hoeveelheden gelijk aan die van de huidige verruiming, en wordt er geen zand meer gewonnen in het westen, maar wordt het zand in het oosten gewonnen op de randen van de hoofdgeul. De bagger- en storthoeveelheden tijdens de verruiming zijn gebaseerd op de werkelijke bagger- en stortgegevens en het onderhoud is gebaseerd op de voorspelde baggerhoeveelheden zoals die in De Jong & van Kleef (1996) en het rapport Milieuaspectenstudie Baggerspeciéstort (Anoniem, 1998a) onder alternatief E staan vermeld. Met dit scenario kunnen de effecten onderzocht worden van de extra hoeveelheden zand die worden verplaatst in het kader van de verruiming. Het scenario VERDIEP is ook een keer doorgerekend zonder zandwinning. Deze variant dient om het effect van zandwinning te bepalen.

## Modelresultaten

De resultaten van de modelberekeningen voor de verschillende scenario's worden in tabel 2.3 weergegeven. Alleen voor het scenario Oost, voortzetting van de bagger-, stort- en zandwinningstrategie voor de verruiming, worden getallen gepresenteerd. De veranderingen die optreden als gevolg van de ingrepen, ander stortbeleid of verruiming, zijn kwalitatief gegeven, omdat het model nog enkele beperkingen heeft. Bij zowel de platen als de geulen is een onderverdeling gemaakt tussen hoofd- en nevengeulen. De hoofdgeul komt overeen met de vaargeul en een klein deel van de aangrenzende platen. Het resterende gebied zijn de nevengeulen en het merendeel van de platen.

**De berekeningen met ESTMORF leveren de volgende resultaten :**

- In alle scenario's verandert de Westerschelde van een sediment importerend in een sediment exporterend systeem. In het scenario VERDIEP verdwijnt minder sediment uit het systeem, dat wil zeggen naar het mondingsgebied, dan in WEST.



- Bij alle scenario's ontstaan grote zandtekorten in het oosten.
- Verplaatsing van de stortingen van oost naar west versterkt de export van zand naar de monding.
- Algemeen geldt dat in het vak waar het meeste gestort wordt, een omslag van import naar export optreedt.
- De huidige zandwinning heeft, in verhouding tot de andere ingrepen (verdieping), weinig invloed op de totale zandverplaatsing.

	Hoofdgeulen (Mm <sup>3</sup> /j)	Nevengeulen (Mm <sup>3</sup> /j)	Totaal Westerschelde (Mm <sup>3</sup> /j)
scenario Oost			
geulen	1,75	-2,16	-0,41
platen	0,04	0,07	0,11
scenario West			
geulen	+	-	--
platen	-	+	+
scenario Verdiep			
geulen	++	--	-
platen	-	-	-
scenario Verdiep zonder zandwinning			
geulen	++	--	-
platen	-	-	-

Tabel 2.3:

Volumeveranderingen op basis van ESTMORF bij verschillende scenario's (zie tekst).

+ : toename ten opzichte van de referentieperiode [= scenario Oost];

++ : sterke toename ten opzichte van de referentieperiode;

- : afname ten opzichte van de referentieperiode;

-- : sterke afname ten opzichte van de referentieperiode

## Analyse van de modeluitkomsten

Het oostelijke deel van het estuarium is het smalste en ondiepste deel van het estuarium. Het is dus logisch dat daar de grootste hoeveelheden gebaggerd moeten worden. Om de drempels op diepte te houden moet constant gebaggerd worden, waardoor het gebied consequent uit morfologisch evenwicht gehouden wordt. In het oostelijk deel wordt dus kunstmatig een tekort aan zand in stand gehouden. Uit de berekeningen met ESTMORF volgt ook een tekort in het oostelijke deel. Deze tekorten zijn echter wel erg groot en wijzen erop dat de voorspelde onderhoudshoeveelheden te groot zijn. De reden dat zandwinning weinig effect lijkt te hebben in verhouding tot de andere ingrepen wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de gebruikte bagger- en daarmee samenhangende storthoeveelheden te groot zijn. Omdat vooraf de baggerhoeveelheden zijn opgegeven en te groot blijken te zijn, blijft het oostelijk deel verruimen. Deze verruiming is groter dan de verruiming die in werkelijkheid zal optreden, omdat in

## *Het model ESTMORF*

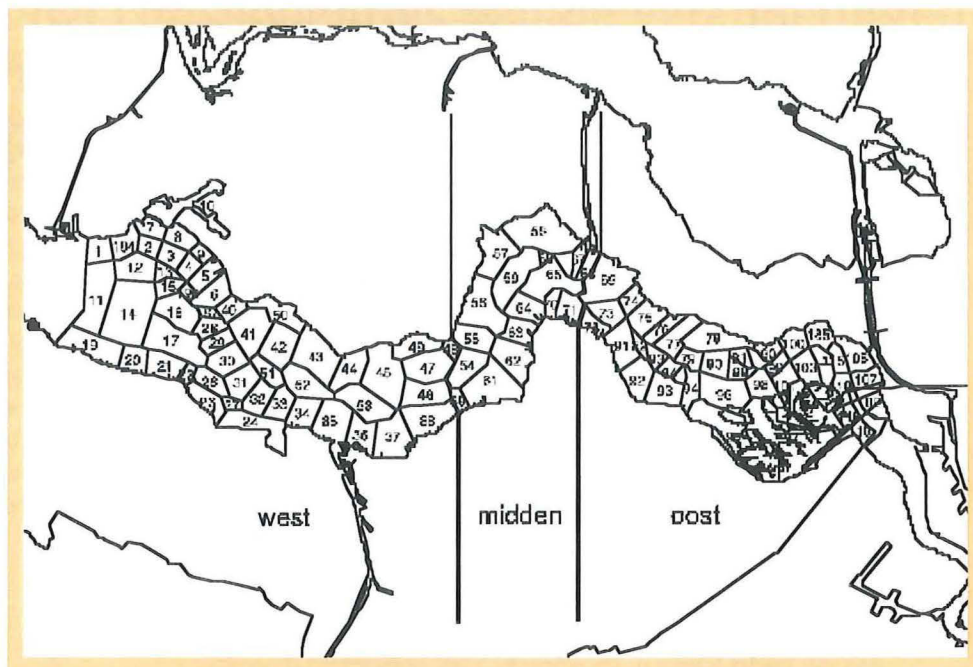
Om de mogelijke effecten van het baggeren en storten op de morfologische ontwikkelingen in de Westerschelde op langere termijn (enkele decennia) in te schatten, is het model ESTMORF toegepast. Dit nieuwe model geeft gedetailleerdere resultaten dan het model ASMITA, dat bij de Milieuaspectenstudie Baggerspeciestort (Anoniem, 1998a) is gebruikt om de morfologische effecten te prognostiseren.

Aan de basis van het model bevindt zich een schematisatie van de Westerschelde. Deze schematisatie is een morfologische opdeling in vakken (111 stuks, zie figuur 2.7). Elk vak wordt gekarakteriseerd door een eigen profiel (drie niveaus: geul, lage plaat en hoge plaat). ESTMORF is een zogenoemd 1-dimensionaal gedragsgeoriënteerd morfologisch model. 1-Dimensionaal wil zeggen dat ieder vak over de hele lengte een gelijk profiel heeft. De verschillende vakken zijn zodanig aan elkaar gekoppeld, dat een netwerk van geulen ontstaat. Gedragsgeoriënteerd wil zeggen dat het model het morfologische gedrag van het estuarium simuleert. Het model ESTMORF koppelt de waterbeweging in de Westerschelde aan de morfologie. De essentie van die koppeling is dat de bodemveranderingen de waterbeweging verandert. En ten gevolge van de veranderde waterbeweging verandert de bodem weer. Het model berekent de morfologische ontwikkeling op de lange termijn op basis van empirische evenwichtsrelaties tussen die waterbeweging en die bodem. In de Westerschelde wordt de waterbeweging aangedreven door het getij.

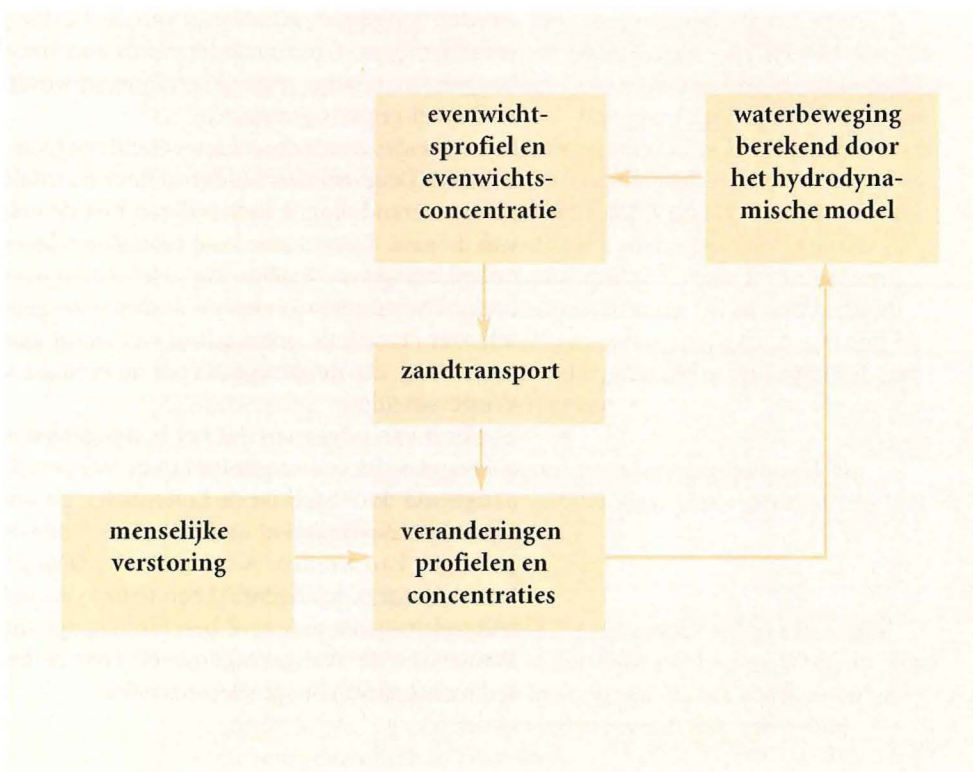
Het stromende water wervelt sediment van de bodem op in de waterkolom. Als er een morfologisch evenwicht is, treden evenwichtsconcentraties van sediment in de waterkolom op. Deze evenwichtsconcentraties zijn gerelateerd aan de debieten en de profielen van de geulen en platen. In een systeem dat niet in morfologisch evenwicht is wijken de lokale sedimentconcentraties af van de evenwichtsconcentraties. Als gevolg zal er sedimenttransport optreden. Als de lokale concentratie lager is dan de evenwichtsconcentratie, zal er ter plekke sediment eroderen. Evenzo zal een hogere lokale concentratie leiden tot lokale aanzanding. Dit concept op basis van verschil in concentraties wordt het overschot/tekort-principe genoemd.

Figuur 2.8 is een schematische weergave van het zichzelf herhalende rekenproces in het model. De berekeningen in het model zijn gebaseerd op de concentraties sediment boven geul, lage en hoge plaat. De waterbeweging bepaalt hoe de evenwichtsprofielen en -sedimentsconcentraties eruit zouden moeten zien. Afwijkingen tussen evenwicht en 'werkelijkheid' veroorzaken zandtransporten tussen niveaus en vakken. Als gevolg hiervan veranderen de profielen in de vakken, hetgeen weer een verandering in de waterbeweging oplevert, enz. Ingrepen in het systeem, zoals baggeren en storten van sediment, kunnen in het model ingebracht worden. Deze ingrepen grijpen in op het profiel van één of meer vakken, hetgeen, zoals eerder reeds is aangegeven, de waterbeweging beïnvloedt, enz.

Figuur 2.7  
Schematisatie van  
ESMORF



Figuur 2.8  
Schematische weergave  
van de werking van  
ESMORF





## 4. Prognose ontwikkeling van de Westerschelde

---

### Inleiding

Op basis van de inzichten die zijn verkregen sinds het begin van de verruiming, wordt in dit hoofdstuk een aantal mogelijke ontwikkelingsrichtingen van het estuarium geschetst. Tevens worden de daaruit voortvloeiende effecten en risico's voor het systeem en enkele gebruiksfuncties beschreven. Een aangescherpte prognose voor de verdere ontwikkeling van het ecosysteem van de Westerschelde kan in dit stadium nog niet worden gegeven.

#### 4.1. Ontwikkelingsrichtingen van het estuarium

Op grond van de korte waarnemingsperiode is nu nog niet aan te geven hoe het estuarium zich op de lange termijn zal ontwikkelen, wel kan een aantal mogelijke, extreme, ontwikkelingsrichtingen worden aangegeven. Bij de volgende evaluatie (in 2003) wanneer meer data beschikbaar zijn, kan waarschijnlijk een gedetailleerder beeld van de ontwikkeling van het estuarium verkregen worden.

#### Retourstroom moet nog op gang komen

De ervaring met de verruiming van 1970-1975 leert dat morfologische aanpassingen aan ingrepen, afhankelijk van de grootte van de ingreep, 5 à 15 jaar kunnen vergen. Het op gang komen van de retourstroom van west naar oost kan dus best 5-10 jaar duren. Er zijn twee processen die deze retourstroom aansturen: sedimentoverschot versus sedimenttekort en de waterbeweging.

In het oosten wordt een kunstmatig tekort aan sediment in stand gehouden door de baggerwerkzaamheden en in het westen en midden wordt een overschot aan sediment opgebouwd door het storten. Als het verschil tussen het tekort in het oosten en het overschot in het westen groot genoeg is, zal een transport op gang komen, waardoor sediment zich van het westen naar het oosten verplaatst.

Het andere proces dat het sedimenttransport kan aansturen is de waterbeweging. De hoeveelheid sediment die door een geul getransporteerd kan worden is afhankelijk van het debiet en de stroomsnelheden. Het sedimenttransport door een geul is sterk afhankelijk van de stroomsnelheid (tot de 4e macht). Alleen veranderingen in het transport resulteren in veranderingen van de geuldoorsneden. De geuldoorsnede is evenredig met het debiet door de geul: hoe groter het debiet, hoe groter het geulvolume. Bij een relatief kleine ingreep verandert de waterbeweging alleen lokaal en zullen lokaal bodemveranderingen plaatsvinden. Deze lokale aanpassing van de bodem kan zich via de waterbeweging uitbreiden. Om dus op grote schaal (van west naar oost) sedimenttransport te genereren moet de waterbeweging in de hele Westerschelde veranderen. Dit proces kan enige tijd duren.

## **Systeem wordt volledig exporterend**

Indien de retourstroom niet tot stand kan komen omdat bijvoorbeeld het middendeel een fysische barrière vormt, zal het systeem gaan exporteren. Het zand verdwijnt dan naar de buitendelta. Afhankelijk van het bergend vermogen van de buitendelta wordt het zand daar geborgen of wordt het zand naar de Noordzee geëxporteerd. In het oosten wordt dan een tekort gecreëerd en in stand gehouden. Om het evenwicht te herstellen zal dit tekort door de lokale omgeving worden aangevuld. Dit betekent dat platen, slikken en schorren in het oosten zullen eroderen, waardoor een transport ontstaat van de platen naar de geul. Op de korte termijn betekent dit dat het platengebied dynamischer wordt. Op de lange termijn zullen in het meest extreme geval de platen, schorren en slikken volledig eroderen. Het is echter niet waarschijnlijk dat de platen, slikken en schorren volledig zullen verdwijnen. Het is waarschijnlijker dat door de grote tekorten in het oosten de waterbeweging zal veranderen, en het verschil tussen het aanbod in het westen en de vraag in het oosten groot genoeg zal zijn om toch een transport naar het oosten te genereren. Een proces dat waarschijnlijk zal plaatsvinden, net als na de verruiming van 1970-1975, is het uitrusten van de geulen stroomop- en stroomafwaarts van de drempel. Omdat de weerstand minder is geworden door het verlagen en verbreden van de drempel, stroomt een groter debiet door de geul. De geul zal zich aan dit nieuwe debiet aanpassen en ruimer worden. Het hierbij vrijkomende zand komt beschikbaar voor de platen en compenseert de erosie.

## **Sediment wordt opgeslagen in het westelijke en middendeel**

Indien het westelijke en middendeel van de Westerschelde voldoende opslagcapaciteit hebben, blijft het sediment in die delen en zal geen export naar buiten of retourstroom naar het oosten plaatsvinden. De platen in het midden en westen groeien en zullen minder dynamisch worden. Er zal een proces optreden dat vergelijkbaar is met de verstarring die in het verleden in het oosten heeft plaatsgevonden.

De boven beschreven ontwikkelingen zijn uitersten. Op grond van de gesignaleerde veranderingen zijn alle beschreven scenario's mogelijk. Het is echter het meest waarschijnlijk dat de ontwikkeling van het estuarium een combinatie is van de beschreven ontwikkelingen. Door te blijven monitoren kan de ontwikkeling van de Westerschelde gevolgd worden en kan inzicht verkregen worden in de achterliggende processen. Indien nodig kan ingegrepen worden als een ongewenste ontwikkeling gesignaleerd wordt. Een teken dat bijvoorbeeld de retourstroom van west naar oost niet op gang komt is dat de baggerinspanning in het oosten toeneemt en tegelijker tijd de platen eroderen. Het in het oosten gecreëerde tekort op de drempels wordt door lokaal sediment aangevuld. Neemt de baggerinspanning toe maar gaat dit niet ten koste van de platen in het oosten, dan betekent dit dat de retourstroom wel op gang is gekomen, of dat de geulen uitrusten en het vrijgekomen sediment naar de platen gaat.

### **4.2. Evaluatie denkmodel**

Bij het denkmodel voor het voorspellen van de morfologische effecten

van de verruiming is de aanname gedaan dat in het westelijke deel van de Westerschelde als gevolg van het storten vergelijkbare morfologische effecten zullen optreden als die die na de vorige verruiming in het oostelijke deel zijn opgetreden. Hier zijn echter een paar kanttekeningen bij te plaatsen:

- In het oosten was destijds sprake van storten in combinatie met baggeren, terwijl nu nauwelijks in het westen wordt gebaggerd en wel veel wordt gestort. Door de nieuwe stortstrategie liggen de bagger- en stortlocaties verder uit elkaar, waardoor de retourstroom langzamer of helemaal niet op gang komt.
- In het estuarium is sprake van een gevoeligheidsgradiënt met betrekking tot ingrepen die naar het oosten toeneemt: het systeem wordt stroomopwaarts nauwer en daardoor gevoeliger voor ingrepen. Stortingen in het westen zullen daarom naar verwachting minder van invloed zijn op de morfologische ontwikkeling dan in het oosten.
- Storten in het westen bevordert de export. In tegenstelling tot het oosten waar circulatie van sediment tussen stort- en baggerlocatie optreedt, lijkt storten in het westen export van sediment tot gevolg te hebben. Dit sediment is dus niet meer beschikbaar voor de retourstroom.

Een andere aanname van het denkmodel is dat de situatie vóór de verruiming van 1907-1975 (dus voordat intensief werd gestort) met een dynamisch plaatcomplex in het oostelijke deel niet zal terugkeren. Waarnemingen duiden er echter op dat het platengebied in het oosten dynamischer wordt. Herstel in de richting van de oude situatie lijkt op grond van de huidige ontwikkeling wel mogelijk te zijn. De nevengeulen en kortsluitgeulen zullen wel kleiner in omvang worden omdat door de hoofdgeul een groter debiet is gaan stromen, ten koste van de nevengeulen.

#### 4.3. Risico's en effecten van het nieuwe stortbeleid

Op basis van de geschetste ontwikkelingen worden in deze paragraaf de risico's en effecten voor het systeem en enkele gebruiksfuncties beschreven.

### Scheepvaart

De ontwikkelingen in het oostelijk deel, met name het Valkenissegebied moeten nauwlettend gevolgd worden. Terugkeer van de natuurlijke dynamiek door verminderde stortingen kan risico's voor de scheepvaart met zich meebrengen. Een risico van het huidige stortbeleid is dat het plaatcomplex van Valkenisse actiever wordt, waardoor kortsluitgeulen vergroten en nieuwe ontstaan. De beschikbare veldwaarnemingen laten zien dat de nevengeul Schaar van Valkenisse de laatste jaren ruimer is geworden als gevolg van de verminderde storthoeveelheden. Deze trend is al voor de verruiming ingezet omdat de storthoeveelheden in het gebied al enige jaren verminderd zijn tot het huidige niveau. Door de verruiming in het Valkenisse-gebied kunnen de kortsluitgeulen dwarsstromen op de hoofdgeul veroorzaken, die hinderlijk of zelfs gevaarlijk zijn voor de scheepvaart. Voorheen veroorzaakte bijvoorbeeld de Zimmermangeul een hinderlijke dwarsstroom voor de scheepvaart.

## **Baggerinspanning**

De resultaten tot nu toe wijzen erop dat, in tegenstelling tot de verwachting, rekening gehouden moet worden met een export van sediment als gevolg van de nieuwe bagger- en stortstrategie. Gezien vanuit het baggeronderhoud is export van zand uit de Westerschelde op de korte termijn gunstig. Bij het veranderen van de bagger- en stortstrategie is immers getracht de retourstroom van zand van west naar oost zo klein mogelijk te houden. Op lange termijn is het risico hierbij wel dat het benodigde zand, om het tekort ontstaan door baggeren te compenseren, ten koste gaat van de platen en slikken. De baggerintensiteit op de drempel zal dan als gevolg van het transport van de plaat naar de drempel toenemen.

## **Veiligheid: getij en waterstanden**

De verwachting is dat de verruiming vooral in het oosten zal leiden tot een toename van de hoogwaterstanden en een daling van de laagwaterstanden. De waarnemingen tot nu toe zijn echter te kort om al conclusies te kunnen trekken over het effect van de verruiming op de waterstand. Sinds de jaren zestig laten met name de waterstanden in het oosten een sterk stijgende trend zien. Hiervoor moet het getijvolume in Vlissingen zijn toegenomen, of moet de voortplanting van het getij in het estuarium zijn veranderd. Uit metingen blijkt echter dat het getijvolume bij Vlissingen de afgelopen decennia niet is toegenomen. De veranderde waterstanden bij Bath zijn dus gepaard gegaan met een veranderde voortplanting van het getij. Deze getijverandering is veroorzaakt door morfologische veranderingen. Naar de oorzaak van de getijveranderingen en de relatie met morfologische veranderingen wordt momenteel onderzoek gedaan.

## **Verdrinken estuarium**

De zeespiegelstijging in combinatie met ingrepen (baggeren, storten en zandwinning) is van invloed op het proces van verlanden en verdrinken van het estuarium. Modelberekeningen geven aan dat de Westerschelde verandert van een zand importerend systeem naar een zand exporterend systeem. Door de zandexport kan het systeem moeilijker reageren op de zeespiegelstijging. Tot nu toe heeft het estuarium de stijging van het gemiddelde zeeniveau met 20 cm per eeuw en de getijslagtoename van 4% per eeuw kunnen bijhouden. De vraag is echter of de Westerschelde op lange termijn niet zal verdrinken als de zeespiegelstijging toeneemt tot 60 cm per eeuw en het estuarium zand blijft exporteren.

Uit geologische gegevens blijkt dat een estuarium verdrinkt bij een zeespiegelstijging van meer dan 40 cm per eeuw en verlandt bij een stijging van minder dan 15 cm per eeuw (Anoniem, 1998c). De verwachting is dat de zeespiegelstijging in de komende eeuw zal stijgen van 20 cm per eeuw naar 60 cm per eeuw. Daarnaast zal de getijslag op de Noordzee toenemen met 4% per eeuw. Beide processen hebben een tegengesteld effect op de zandhuishouding van de Westerschelde. Berekeningen geven aan dat door de toename van de getijslag het getijvolume zal toenemen, waardoor de geulen uitruimen. Hierdoor komt zand beschikbaar voor de opbouw van ondiepwatergebieden, platen, slikken en schorren, waardoor ze de stijgende waterspiegel kunnen bijhouden (Anoniem, 1998b). Er is



rekening mee gehouden dat door de stijgende gemiddelde waterstand de geul een groter doorstroomprofiel heeft. De stijgende waterstand wordt dus gecompenseerd door de vergroting van de getijslag. Een zeespiegelrijzing van 40 cm per eeuw kan gecompenseerd worden door de getijslagtoename van 4%.

Bij een grotere relatieve zeespiegelstijging dan 40 cm per eeuw, door zeespiegelrijzing en bodemdaling als gevolg van export en zandwinning, kan het verdrinkingsrisico van de Westerschelde niet worden uitgesloten.

Naast de hoogte van de zeespiegelrijzing is de vorm van het intergetijdegebied van het estuarium belangrijk bij de ontwikkeling van het estuarium richting verdrinken of verlanden. De geometrie van het estuarium bepaalt of een bekken vloeddominant (netto sediment import) of ebdominant (netto sediment export) is. De Westerschelde is momenteel een vloedgedomineerd estuarium met geulranden die relatief gelijkmatige hellingshoeken hebben. Bij een toename van het gemiddelde waterniveau neemt het wateroppervlak in het estuarium dus gelijkmatig toe, waardoor de ebstream meer dominant kan worden. Dit kan resulteren in een minder grote sedimentimport van een systeem (Anoniem, 1998c).

### Van een importerend naar een exporterend systeem

De geconstateerde verandering van een importerend naar een exporterend estuarium is strijdig met de wens om zand in het systeem te houden om verstoringen van het morfologische systeem op te vangen. Uit zandbalansen blijkt dat sinds 1970 een afname van de zandimport optreedt. De nu geobserveerde omslag van import naar export is een voortzetting van de continue afname van de import. De importcijfers laten grote fluctuaties zien. Het is daarom nog te vroeg om nu al te spreken van een trend.

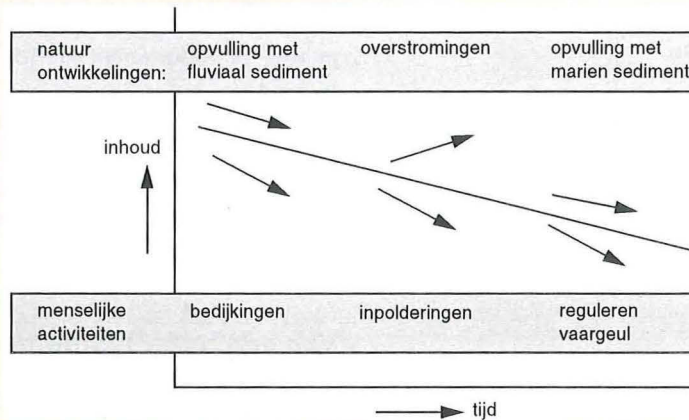
De vraag of export schadelijk is voor het systeem hangt af van de oorzaak van de export. Als de export wordt veroorzaakt door een overschot aan sediment in het systeem en het sediment in de buitendelta wordt opgeslagen, blijft het zand beschikbaar. Als door externe factoren zand in het estuarium nodig is, kan dit dan uit de buitendelta geïmporteerd worden. Wordt de export echter veroorzaakt door verandering van de getijasympmetrie (=omslag van vloeddominantie naar ebdominantie), dan verdwijnt het zand uit het estuarium en kan het niet meer geïmporteerd worden. Dit zal op termijn leiden tot het verdrinken van het estuarium. Momenteel wordt bij het RIKZ een studie verricht naar de relatie tussen ingrepen, morfologische veranderingen en de effecten hiervan op de getijasympmetrie.

Momenteel wordt vaak de lijn Vlissingen-Breskens als scheidingslijn bij studies genomen, terwijl in zowel de Westerschelde als in de monding van het estuarium gebaggerd en gestort wordt. Dit is een fictieve grens en heeft geen fysische betekenis. Vragen over het gevaar van export kunnen niet beantwoord worden als de monding van de Westerschelde niet in de studie wordt meegenomen. Daarom wordt aanbevolen een met de Westerschelde vergelijkbaar monitoringprogramma op te zetten voor de monding en in het vervolg de Westerschelde en de monding als één systeem te benaderen. Tijdens de volgende evaluatie kunnen dan de ontwikkelingen in de gehele Westerschelde worden geëvalueerd.

## Verdrinken of verlanden

Van nature is een estuarium op termijn gedoemd te verlanden, hetgeen echter bij verstandig gebruik van het estuarium een proces is dat vele eeuwen kan duren. Dit natuurlijke proces van verlanden kan door menselijke ingrepen versterkt worden. In figuur 4.1 wordt het proces van verlanden schematisch weer-gegeven. Toch kunnen estuaria ook verdrinken, door zeespiegel-stijging en door menselijke beïnvloeding zoals vaarwegregulering.

**Figuur 4.1**  
Schematische weergave van de verlanding van estuaria



### Welke processen spelen een rol bij de verlanding en hoe versterken de menselijke ingrepen dat proces?

#### Natuurlijk proces:

De natuurlijke neiging tot verlanden wordt veroorzaakt door zowel de rivier als de zee. Het sedimenttransport van de rivier is namelijk altijd naar het estuarium gericht. En voor de zee vormen de estuaria vaak relatief rustige randgebieden, waar sediment kan bezinken. Bovendien versterkt dit proces zichzelf: door de sedimentatie neemt het getijvolume af, waardoor nog meer sediment kan bezinken, etc.

#### Bedijkingen en inpolderingen:

Door inpolderingen worden juist de ondiepste delen aan het estuarium onttrokken. Het getijvolume neemt hiermee af. Het is ook mogelijk dat door de bedijking het stroomvoerend profiel te sterk vernauwt, waardoor de achtergelegen gebieden minder gemakkelijk vullen en leeglopen. De hoogwaterstanden dalen en de laagwaterstanden stijgen daardoor, waardoor het getijvolume afneemt, met de beschreven gevolgen van dien.

#### Vaarwegregulering:

Door regulering van de vaargeul, met een gericht bagger- en stortbeleid of aanleg van geleidedammen en/of geulwandverdedigingen, wordt het stromende water door één geul geconcentreerd. Daardoor nemen de stroomsnelheden in de nevengeulen af, waardoor hier sedimentatie kan gaan optreden. Juist hier wordt vaak ook de baggerspecie gestort. Ook dit leidt tot een afname van het getijvolume. Een duidelijk voorbeeld van de gevolgen van menselijke beïnvloeding is het Seine estuarium waar de verlanding in een korte tijd (150 jaar) is opgetreden.

### Welke factoren leiden tot verdrinken van het estuarium?

#### Zeespiegelstijging en zandwinning:

Een natuurlijke factor die kan bijdragen aan het proces van verdrinken is de zeespiegelstijging. Door het stijgende zeeniveau worden de geulen ruimer en verdwijnen de platen onder water als niet genoeg sediment beschikbaar is om ze op te hogen. Het effect van zandwinning is hetzelfde als voor zeespiegelstijging, omdat door de bodemdaling

het estuarium verruimt.

Veranderingen in de geometrie van het estuarium: De vorm van het estuarium bepaalt de vorm van de getijkromme. Als door geometrische veranderingen, door de menselijke ingrepen, de ebduur korter en de vloedduur langer wordt, nemen de vloedsnelheden af en de ebsnelheden toe. Er moet namelijk tijdens eb evenveel water naar buiten als er tijdens de vloed naar binnen stroomt. Het verschil tussen eb- en vloedsnelheden kan zo groot worden dat het zeewaartse transport gaat overheersen en het estuarium sediment exporteert. Bovendien versterkt dit proces zichzelf. Het omgekeerde kan natuurlijk ook optreden, met verlanding tot gevolg. Nu is de Westerschelde vloedgedomineerd,

en het is niet waarschijnlijk dat de vloed nog dominantier wordt.

#### *Ontpolderingen en overstromingen:*

Indien blijvend gebieden na een dijkdoorbraak of door ontpoldering aan het estuarium wordt toegevoegd, vergroot het getijvolume en zullen de geulen uitruimen.

#### *Baggeren:*

Door baggerwerkzaamheden en zandwinning kan het getij gemakkelijker in- en uitstromen, waardoor het getijvolume groter wordt en de geulen zullen uitruimen. Dit proces heeft zich in het oostelijke deel van de Westerschelde al voorgedaan.

## Ontwikkeling naar een één-geul-systeem

Een risico van het storten in nevengeulen is het ontstaan van een één-geul-systeem. Uit theoretische beschouwingen blijkt dat door het langdurig storten van grote hoeveelheden sediment in een geul, deze geul kan verdwijnen. Dit risico is aanwezig als de gestorte hoeveelheid groter is dan 10% van het totale transport van die geul (=eb- en vloedtransport) (Wang et al., 1997). Het verdwijnen van een geul zal alleen optreden als alleen in de nevengeul wordt gestort. Als in twee parallelle geulen deze 10% grens wordt overschreden zal het boven beschreven proces niet optreden. Het vergt nadere studie om na te gaan of deze grens momenteel bereikt wordt. Berekeningen, gedaan met het model ASMITA in het kader van de Milieuaspectenstudie Baggerspeciestort, geven aan dat bij sommige stortscenario's in bepaalde gebieden deze kritische grens bereikt wordt.

## Zandwinning

Bij zandwinning wordt jaarlijks een bepaalde hoeveelheid zand uit het estuarium verwijderd, wat op termijn zal resulteren in een bodemdaling. Als deze bodemdaling niet gecompenseerd wordt door getijslagtoename of zandimport, is het risico aanwezig dat het estuarium verdrinkt. De huidige stortstrategie verandert niets aan het proces, maar versterkt wel het zandtekort in het oostelijke deel van de Westerschelde. Als geen retourstroom op gang komt en de hoofdgeulen niet uitruimen, zullen de platen dit tekort moeten opheffen waardoor ze zullen eroderen.



## 5. Advies bagger- en stortbeleid

---

### Inleiding

Tegelijkertijd met de huidige verruiming van de Westerschelde is de gehele bagger- en stortstrategie gewijzigd. Als gevolg van de verruiming zal de baggeromvang toenemen. Om deze toename te beperken is het zwaartepunt van de stortingen naar het westen verplaatst. De eerste resultaten geven aan dat dit inderdaad leidt tot een minder sterke stijging van het onderhoudsbaggerwerk. Tevens blijkt uit de eerste resultaten dat export van zand naar het mondingsgebied optreedt, en dat alleen lokaal in de directe omgeving van de stortgebieden morfologische ontwikkelingen plaatsvinden die wellicht door het nieuwe bagger- en stortbeleid zijn beïnvloed. In dit hoofdstuk wordt een verklaring gegeven voor de minder sterke toename van de baggerinspanning, wordt een advies gegeven voor het bagger- en stortbeleid, en worden er enkele algemene aanbevelingen voor MOVE gedaan.

### Onderhoudsbaggerwerk

Het veranderde stortbeleid bij de verruiming houdt in dat de grootste hoeveelheid baggerwerk in het oostelijke deel van de Westerschelde wordt uitgevoerd, terwijl de stortactiviteiten voornamelijk plaatsvinden in het westelijke en het middendeel. Het doel van deze strategie is onder andere de onderhouds-bagger-inspanning zo laag mogelijk te houden. Deze zal als gevolg van de verruiming toenemen ten opzichte van de periode voor de verruiming. Op basis van ervaringen na de verruiming uit 1970-1975 was de verwachting dat het onderhoudsbaggerwerk zou toenemen tot 14 miljoen m<sup>3</sup> per jaar, oftewel 1,2 miljoen m<sup>3</sup> per maand. Tabel 5.1 geeft een overzicht van de geraamde en gebaggerde hoeveelheden gedurende de verruiming (13 maanden) en de eerste 5 maanden onderhoud na de verruiming. Hieruit blijkt dat de gebaggerde hoeveelheden tijdens de verruiming minder zijn dan verwacht. Ook het onderhoudsbaggerwerk is in de eerste 5 maanden na de verruimingsperiode minder dan de prognose. Een deel van het verschil wordt veroorzaakt doordat de breedte van de vaargeul niet overal is aangepast. Het huidige onderhoudsbaggerwerk is wel iets groter dan het onderhoudsbaggerwerk vóór de verruiming.

Men kan zich afvragen of dit verminderde onderhoudsbaggerwerk een tijdelijk of blijvend verschijnsel is. Vier mogelijke processen/factoren kunnen naar voren worden gebracht:

1. Bij de vorige verruiming is het gebaggerde zand voor een belangrijk deel teruggestort in het oosten, waar eveneens gebaggerd werd. Het storten vindt bij de huidige verruiming voornamelijk plaats in het westen. Mogelijk is de verwachte retourstroom van zand van west naar oost te verwaarlozen, omdat het zand in het midden, westen of mondingsgebied geborgen kan worden. In dat geval kan het baggerwerk gezien worden als een permanente onttrekking van sediment uit het oosten. Indien de retourstroom niet op gang komt, wordt op termijn verwacht dat het zand aan de omgeving zal worden onttrokken, waardoor een transport van sediment van plaat

Tabel 5.1

Vergelijking van de geraamde baggerhoeveelheden afgeleid uit de MAS (1998) en de werkelijke hoeveelheden tijdens de verruiming (13 maanden) en de eerste 5 maanden onderhoud. De hoeveelheden tijdens de verruiming zijn weergegeven in Mm<sup>3</sup>. De onderhoudscijfers zijn weergegeven in Mm<sup>3</sup>/maand.

Periode	Baggeren				Storten			
	west	midden	oost	totaal	west	midden	oost	totaal
<b>Baggerwerk tijdens verruiming [Mm<sup>3</sup>]</b>								
Voorspelling <sup>1</sup> (13 mnd)	5,29	2,70	14,11	22,10				
Realisatie	2,57	1,71	13,17	17,46	10,64	5,84	0,80	17,28
<b>Baggerwerk na verruiming [Mm<sup>3</sup>/maand]</b>								
Voorspelling	0,12	0,11	0,94	1,17	0,75	0,33	0,09	1,17
Realisatie	0,20	0,11	0,56	0,87	0,61	0,24	0,02	0,87

<sup>1</sup>: In de Milieuaspectenstudie Baggerstort is uitgegaan van een verruimingsperiode van twee jaar. Omdat de verruiming in 13 maanden is uitgevoerd, heeft tijdens de verruiming maar 13 maanden onderhoud hoeven plaatsvinden. In deze rij staan de prognoses van de initiële verruimingswerkzaamheden over een periode van 2 jaar en de onderhoudsbaggerwerkzaamheden voor een periode van 13 maanden.

naar geul optreedt. Dit kan resulteren in erosie van platen, slikken en schorren, waardoor de baggerinspanningen op de drempel zullen toenemen.

2. Een andere mogelijkheid is dat het getij door verruiming van de drempels minder weerstand ondervindt, waardoor het debiet door de geul toeneemt. De geuldelen stroomop- en stroomafwaarts van de drempel zullen daardoor uitruimen. Het sediment dat hierbij vrijkomt kan worden opgeslagen in de omliggende platen, geulen en schorren, waardoor de erosie zoals beschreven onder punt 1 wordt tegengegaan. Na de uitruiming van de geulen zal de baggerinspanning afnemen. Dit effect is waargenomen na de verruiming van 1970-1975.
3. Het kan 5-10 jaar duren voordat de retourstroom van west naar oost volledig ontwikkeld is. Vanuit de overschots/tekort benadering geredeneerd moet het westelijke deel een overschot aan sediment opbouwen voordat er daadwerkelijk sedimenttransport plaatsvindt. Vanuit de waterbeweging geredeneerd moet de lokale verstoring van de waterbeweging in het oosten, veroorzaakt door de verruiming, uitbreiden naar het hele estuarium om een transport van west naar oost te genereren. Dit betekent dat het onderhoudsbaggerwerk in de toekomst wel kan stijgen.
4. De baggercijfers vertonen maandelijkse fluctuaties (veroorzaakt door externe factoren zoals bijvoorbeeld de beschikbaarheid van baggermateriaal). De periode van 5 maanden waarover gegevens beschikbaar zijn, is eigenlijk te kort om een jaargemiddelde te bepalen.

## Advies bagger- en stortbeleid

Op basis van de veldmetingen en modelberekeningen kunnen de volgende aanbevelingen voor de stortlocaties en -hoeveelheden worden gedaan:

- De baggerhoeveelheden zullen waarschijnlijk lager zijn dan de prognoses, waardoor de storthoeveelheid ook minder is. Dit geeft ruimte om stortlocaties geheel of gedeeltelijk te 'ontzien'.
- Handhaving van de huidige limiet van 1 Mm<sup>3</sup> zand per jaar voor stortingen in het oosten. Door de verminderde stortactiviteit in het oosten, in combinatie met de zandwinning, wordt dit gebied dynamischer. Indien door doorbraak van kortsluitgeulen gevaar dreigt te ontstaan voor de scheepvaart (dwarsstromen), kan de stortintensiteit verhoogd worden. Eveneens kan besloten worden de stortintensiteit te verhogen als geconstateerd wordt dat door het uitblijven van de retourstroom de platen gaan eroderen.
- Handhaving van de huidige strategie in het Middelgat en het Gat van Ossensisse. Er zijn geen aanwijzingen dat als gevolg van de stortingen negatieve effecten optreden in dit gebied.
- Overwogen kan worden om de stortlocatie in de Schaar van Spijkerplaat van de ebgeul te verplaatsen naar de vloedschaar. De geschetste ontwikkeling in paragraaf 2.2.2, het versneld aanzanden van de "oude" ebgeul, wordt dan afgeremd. Bovendien verplaatst het zand zich bij het storten in de vloedschaar netto naar het oosten. Dit bevordert de import, in tegenstelling tot de huidige stortlocatie in de ebgeul die de export bevordert. En tenslotte, een stortlocatie in de vloedschaar ligt dichterbij de Hooge Platen, wat de opbouw van dit platengebied kan bevorderen (in 1997/1998 trad hier erosie op). De baggerintensiteit op de Drempel van Borssele zou hierdoor minder snel toe kunnen nemen. Risico hierbij is echter dat door te storten in de vloedschaar, die van nature uitruimt, extra sediment in suspensie komt die wellicht op de drempel van Borssele terecht komt. Welk van de 2 processen dominant is, is nu nog niet aan te geven.

## Algemene aanbevelingen voor MOVE

- Blijven monitoren, zodat indien gewenst het stortbeleid aangepast kan worden.
- De monding en de Westerschelde maken beide onderdeel uit van hetzelfde fysische systeem. Tevens vinden in beide delen verruimingswerkzaamheden plaats. Daarom wordt aanbevolen om de grens Vlissingen-Breskens los te laten, en het mondingsgebied bij de rapportages en monitoring op te nemen. De vraag of sedimentexport gevaarlijk is voor de ontwikkeling van het estuarium kan dan ook beter onderzocht worden.
- Bepaling van de optimale baggerhoeveelheden m.b.v. ESTMORF. Het huidige beleid is gebaseerd op te hoge baggerhoeveelheden. Met behulp van ESTMORF kunnen nieuwe baggerscenario's worden opgezet, zodat onder andere over het al dan niet optreden van een retourstroom betere uitspraken gedaan kunnen worden.
- De baggercijfers vergelijken met lodingen over exact dezelfde periode. Om de baggercijfers juist te interpreteren moet bekend zijn welk deel veroorzaakt wordt door verruiming van de geul en welk deel benodigd is voor onderhoud. Dit kan alleen nauwkeurig

gebeuren als de baggerhoeveelheden over eenzelfde periode verminderd worden met de werkelijk opgetreden verruiming. Het resterende deel is benodigd geweest voor het onderhoud. Veranderingen in de onderhoudsbaggerinspanning van een drempel geven aan dat veranderingen optreden in het sedimenttransport naar de drempel. Hiermee kan extra inzicht verkregen worden in de morfologische processen. Momenteel wordt wel onderscheid gemaakt tussen initiële en onderhoudsbaggerwerkzaamheden. De bepaling hiervan gebeurt echter niet op basis van de werkelijk opgetreden verruiming, maar op basis van het benodigde onderhoud vóór de verruiming.

- De kennis van de interactie tussen de morfologie en de biologie dient verbeterd te worden. Voorstellen hiervoor worden in hoofdstuk 3 gedaan. Dit geeft de mogelijkheid om met zekerheid uitspraken te doen over de gevolgen van de ingreep op de morfologie voor de biologie en de daaraan gerelateerde economische functies als visserij en recreatie.



## Referenties

**Anoniem, 1998a.**

Milieuaspectenstudie baggerspeciéstort Westerschelde. Studie naar de effecten van het storten van specie, vrijkomend bij de 43/48 voet verruiming van de vaarweg in de Westerschelde. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg

**Anoniem, 1998b.**

Lange termijn gedrag Westerschelde. Definitiestudie zeespiegelrijzing. Rapport 98101/1044, Svasek B.V., Rotterdam

**Anoniem, 1998c.**

Verkenning effecten versnelde zeespiegelstijging op dynamiek Westerschelde estuariene systeem. Rapport IS-NW980254, DHV Milieu en Infrastructuur BV, Amersfoort

**Anoniem, 1999.**

Tussentijdse evaluatie 48'/43' verruiming en stortbeleid Westerschelde. Rapport 99187/1111, Svasek B.V., Rotterdam

**Berchum van, A.M., & E.C. Stikvoort, 1999.**

Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'. Werkdocument met betrekking tot chemie en biologie, periode 1997 en 1998. Project Monitoring Verruiming Westerschelde. Werkdocument RIKZ/AB-99.811x, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Bult, T.P., E. Stikvoort & B. Willemse, 1999.**

Monitoring Verdieping Westerschelde 48'/43'(MOVE) evaluatierapport 1999: mogelijkheden en beperkingen van omgevingsclassificaties en habitatgeschiktheidsmodellen voor het inschatten van effecten op bodemdieren. Werkdocument RIKZ/AB-99.833X, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Consemulder, J., C. Storm & W. Houmes, 1998.**

Experimentele schorverdedigingen: kleibekleding Anna Jacobapolder - bezinkvelden Zuidgors. Rapport RIKZ-98.017 Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee / Nota AXW-98.1007 Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg

**Helvert van, M.A.G., 1999.**

Onderzoek naar de effecten van baggeren, storten en zandwinning in de Westerschelde m.b.v. het ESTMORF-model i.h.k.v. MOVE. Werkdocument RIKZ/OS-99.817x, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Jong de, S.A. & A. Van Kleef, 1996.**

Ontwikkelingen in de Westerschelde. Prognose voor de komende 25 jaar. Rijkswaterstaat Directie Zeeland en Rijksinstituut voor Kust en Zee, Nota AX-96.009/NWL-96.14/RIKZ-96.006, Middelburg

**Jong de, J., G. Krijger, L. Nijse & S. Huijs, zonder jaartal.**

Beoordeling van de effecten van de verdieping 48'- 43'. Plan van Aanpak - Rapport 2 Project MONitoring VERdieping Westerschelde, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg

**Krijger, G., 1999.**

Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'.  
Voortgangsrapportage periode 1997-1998, rapport 3. Project  
Monitoring Verruiming Westerschelde (MOVE). Nota AXW-99.005,  
Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg

**Mol, G., 1999.**

De fysische toestand van de Westerschelde 1998; kort na de  
verdieping 48'/43'. Werkdocument RIKZ/AB-99.826X, Rijkswaterstaat  
Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Wang, Z.B., P.M.C. Thoolen & R.J. Fokkink, 1997.**

Studie naar morfologische effecten van storten en baggeren in de  
Westerschelde. Rapport Z2310, Waterloopkundig Laboratorium/WL,  
Delft

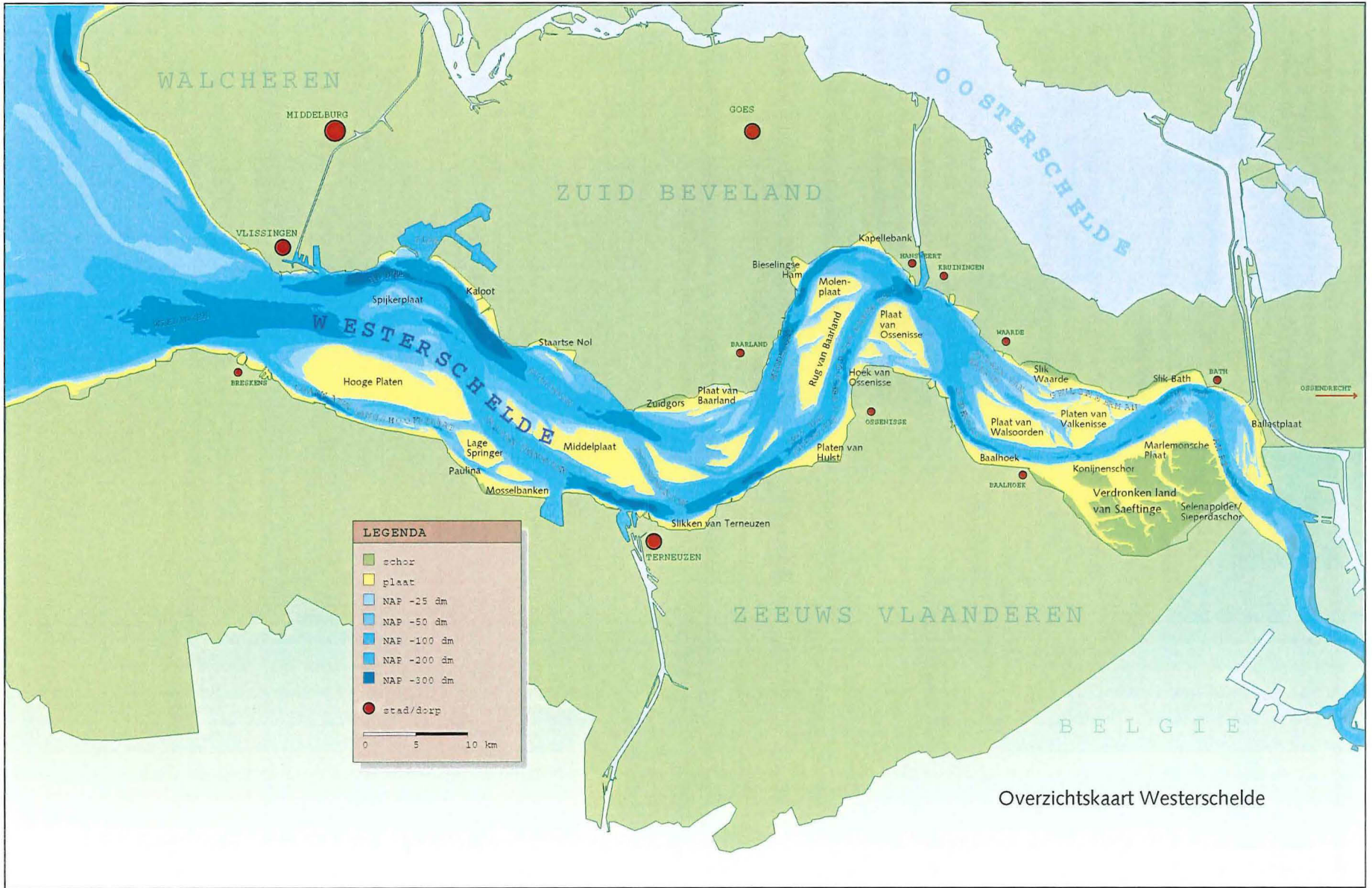
## Verklarende woordenlijst

De verklaring van sommige woorden uit deze lijst zijn niet van algemene aard, maar geven de strikte definitie zoals die in dit rapport bedoeld zijn.

18,6-jarige cyclus	Periodieke variatie in de helling van de maanbaan, hetgeen resulteert in een verandering van het getij.
48'/43'/38'	Verruiming van de vaarweg in de Westerschelde die het mogelijk maakt dat schepen met een diepgang van 48 voet in één getij stroomopwaarts de haven van Antwerpen kunnen bereiken, schepen met een diepgang van 43 voet er in één getij stroomafwaarts kunnen varen, en schepen met een diepgang van 38 voet de haven onafhankelijk van het getij kunnen bereiken en verlaten.
Areaal	Totale oppervlak van een gebiedstype (bijv. ondiepwater-gebied of slibrijk intergetijdengebied) binnen (een deel van) het estuarium.
ASMITA	Eén-dimensionaal dynamisch empirisch model (minder gedetailleerde voorloper van ESTMORF)
Autonome ontwikkeling	De ontwikkeling die optreedt zonder een nieuwe ingreep door de mens.
Denkmodel	Conceptueel model; beschrijving van de verwachte ontwikkelingen op grond van een verondersteld verloop van processen.
Ecotoop	Een ruimtelijke eenheid die min of meer homogeen is, in zowel biologische, fysische als chemische samenstelling.
Empirisch	Op basis van veldmetingen vastgesteld.
ESTMORF	Eén-dimensionaal dynamisch empirisch model (zie ook intermezzo: het model ESTMORF).
Functionele groep	Een verzameling organismen die eenzelfde functie vervullen in de voedselketen.
Getijdoordringing	De manier waarop de getijgolf zich door het estuarium voortplant.
Getijgolf	Veranderingen van waterstanden en stroomsnelheden in de tijd.
Getijslag	Het verschil tussen het hoog- en laagwaterniveau.

Getijvolume	De totale hoeveelheid water die per getij (de som van het eb- enloedvolume) door een dwarsprofiel stroomt.
Geul	De delen van het estuarium met een diepte van minstens 2 meter ten opzichte van NAP.
Ebgeul	Een geul die tijdens eb meer water voert dan tijdens vloed.
Hoofdgeul	De geul die in een meergeulenstelsel het meeste water voert (in de Westerschelde meestal de ebgeul).
Kortsluitgeul	Dynamische verbindingsgeul tussen eb- enloedgeulen, gelegen dwars over en door plaatcomplexen.
Nevengeul	Geul parallel aan de hoofdgeul.
Vloedgeul of schaar	Een geul die tijdens vloed meer water voert dan tijdens eb.
Habitat	Leefgebied.
Inhoud	Bij geulen: het volume water beneden NAP- 2 meter Bij platen en slikken: het volume zand boven NAP -2 meter.
Komberging	De hoeveelheid water die (een deel van) het estuarium kan bergen tussen het laag- en hoogwaterniveau.
Levensgemeenschap	Verzameling van individuen van verschillende soorten die gezamenlijk in een ecotoop leven.
Mondingsgebied Westerschelde	De buitendelta van het Schelde-estuarium, oostwaarts begrensd door de lijn Vlissingen-Breskens.
Monitoring	Het gedurende langere tijd op systematische en regelmatige wijze meten van grootheden.
Onderhoudsbaggerwerk	Het baggerwerk dat noodzakelijk is om een vaargeul op een minimale diepte en breedte te houden.
Ondiep water	Het deel van een estuarium met een waterdiepte van NAP -2 tot -5 meter.
Plaat	Bij laagwater droogvallende bodem (boven NAP -2 meter) die geheel omringd wordt door oppervlaktewater.
Retourstroom	Het verschijnsel dat het storten van sediment resulteert in een sediment-transport van de stort- naar de baggerlocatie.
Schematisatie	Opdeling van een estuarium in geografische componenten.

Slik	Bij laagwater droogvallende bodem die grenst aan dijken of aan dijken grenzende schorren.
Steltlopers	Groep van vogels die vooral foerageert op bodemdieren die in slikken en platen leven.
Verdrinking	Proces waarbij door zandexport uit het estuarium de platen en slikken niet meer droogvallen.
Verlanding	Proces waarbij door zandimport het estuarium aanzandt.
Versteiling	Het verschijnsel dat de overgang van plaat/slik naar geul een grotere hellingshoek krijgt; het gevolg is een afname van het areaal ondiep water.
Verstarren	Het in project Oostwest geconstateerde verschijnsel dat door het intensieve baggeren en storten van zand, plaatcomplexen groeien en platen verhogen, en de dynamiek in het systeem vermindert door het vastleggen van de vaargeul.
Verruiming	Het verbreden en verdiepen van de vaargeul.
Zeeschelde	Het deel van het Schelde-estuarium tussen Gent en de Belgisch-Nederlandse grens.
Zeespiegelstijging	Het stijgen van het gemiddeld zeeniveau en het vergroten van de getijslag.



Overzichtskarta Westerschelde



